

Cálculo Gases

Concentração Transformação

Poluição Atmosférica

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS

Combustão

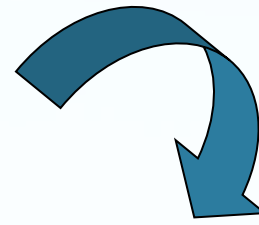
- Idealmente

Combustível + ar $\longrightarrow$ CO₂ + H₂O + calor

- Na realidade

Combustível + ar $\longrightarrow$ CO₂ + H₂O + CO
COV + SO₂ + NO_x + Partículas +
combustível não queimado + calor

smog = smoke + fog
(fumaça + neblina)



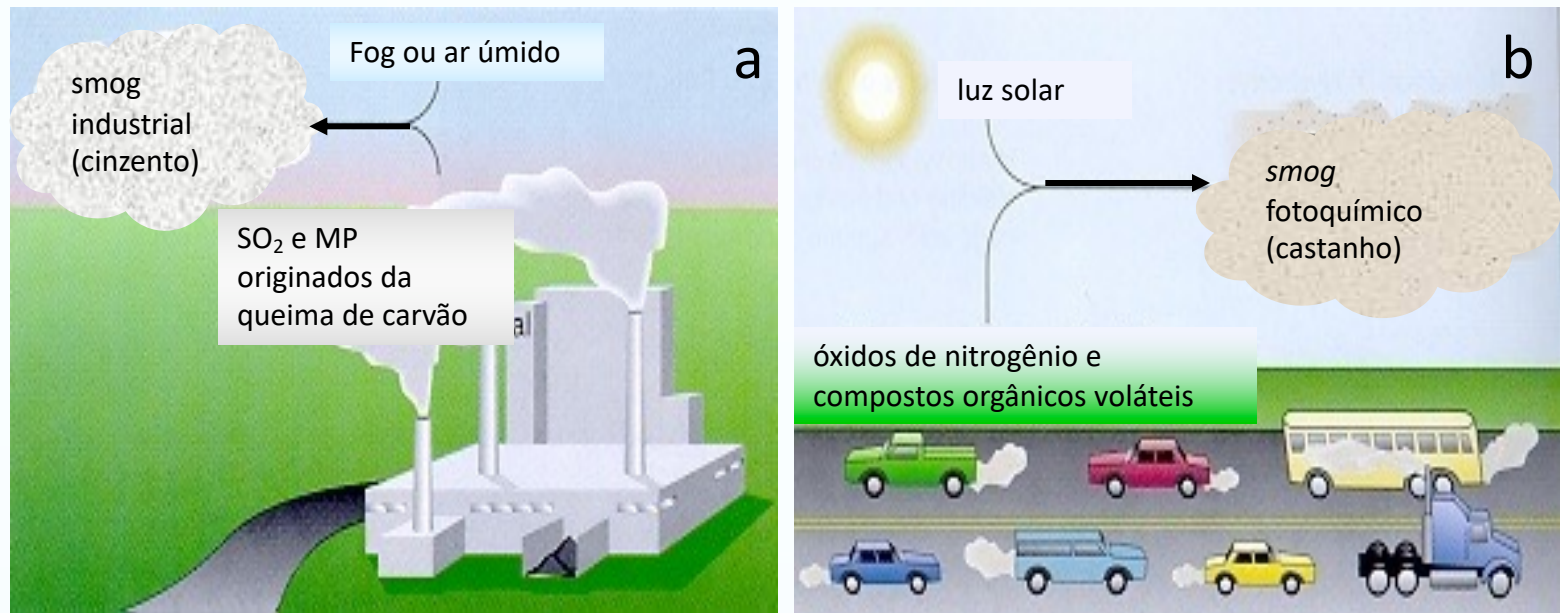
Poluição urbana

Queima de carvão (Revolução industrial) –
smog sulfuroso ou londrino (Londres)



Queima de combustíveis fósseis (veículos) –
smog fotoquímico ou de Los-Angeles, São Paulo, Rio de Janeiro





a) smog industrial, ou smog cinza, ocorre quando carvão é queimado e a atmosfera está úmida (ex. Londres);

b) smog fotoquímico, ou fumaça castanha, ocorre em presença de luz solar agindo sobre poluentes veiculares (ex. Cidade do México, Los Angeles, São Paulo, Rio de Janeiro).

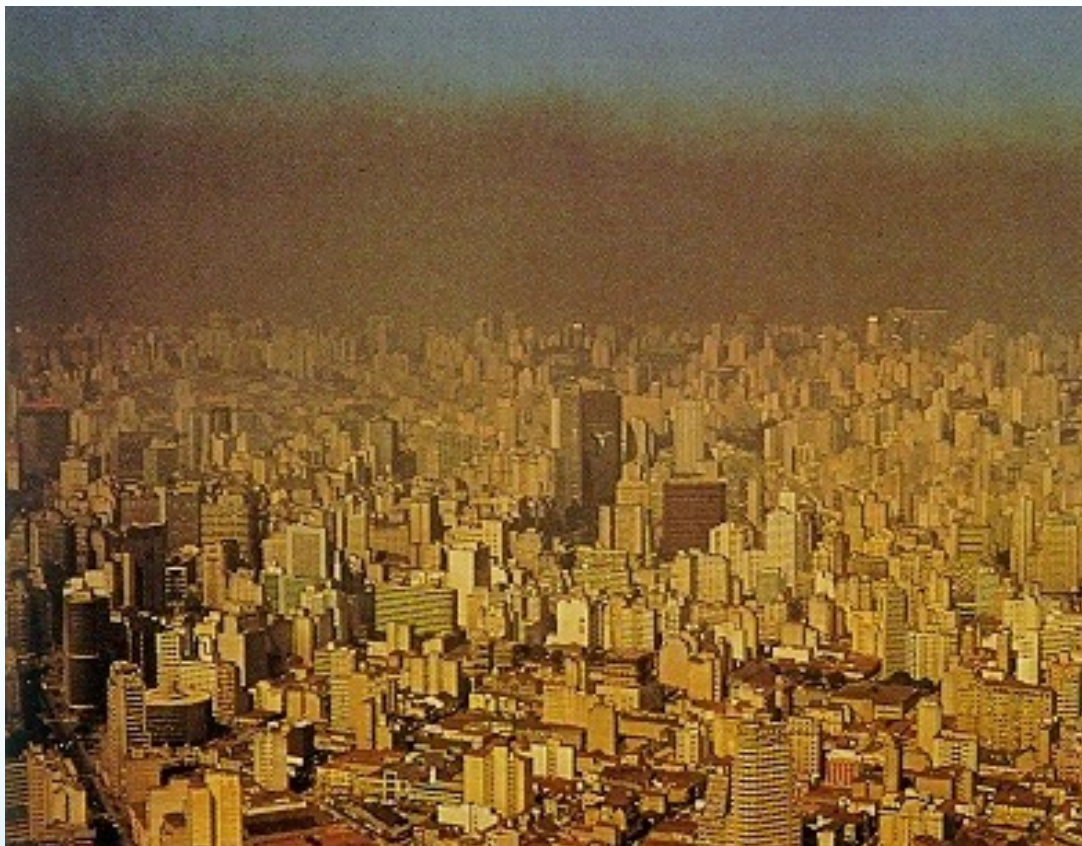


Smog na Cidade do México,
devido localização geográfica e
tráfego veicular.



Donora, Pensilvânia - em outubro
de 1944 foi cenário de um grande
desastre de poluição de ar.

Smog fotoquímico



Smog fotoquímico em São Paulo (~1990).

O gás de cor castanha, NO_2 , é formado quando o NO , que é um gás incolor, reage com o oxigênio do ar.

(P.W. Atkins, *Atoms, Electrons, and Change*, 1991)

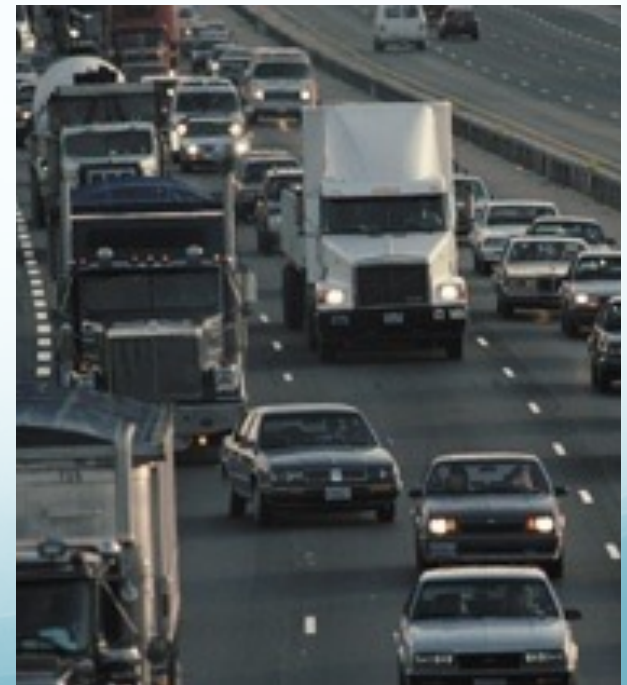
**Comparação entre as características gerais da POLUIÇÃO DO AR
Sulfurosa (Londres) e Fotoquímica (Los Angeles, São Paulo)
(Finlayson-Pitts & Pitts, 1986).**

Características	Sulfurosa (Londres)	Fotoquímica (Los Angeles, São Paulo)
reconhecimento	século 19	século 20 (década de 40)
Poluentes primários	SO₂, partículas de fuligem	NO_x, compostos orgânicos voláteis (COV)
Poluentes secundários	H₂SO₄, aerossóis, sulfatos, ácidos sulfônicos, etc.	O₃, HNO₃, aldeídos, PAN (peroxiacetil nitrato), nitratos, etc.
Temperatura	frio ($\leq 2^{\circ}\text{C}$)	quente ($\geq 23^{\circ}\text{C}$)
Umidade relativa	alta, com neblina	baixa, quente e seco
Tipo de inversão	radiação (terra)	térmica
Picos de poluição	início da manhã	início da tarde

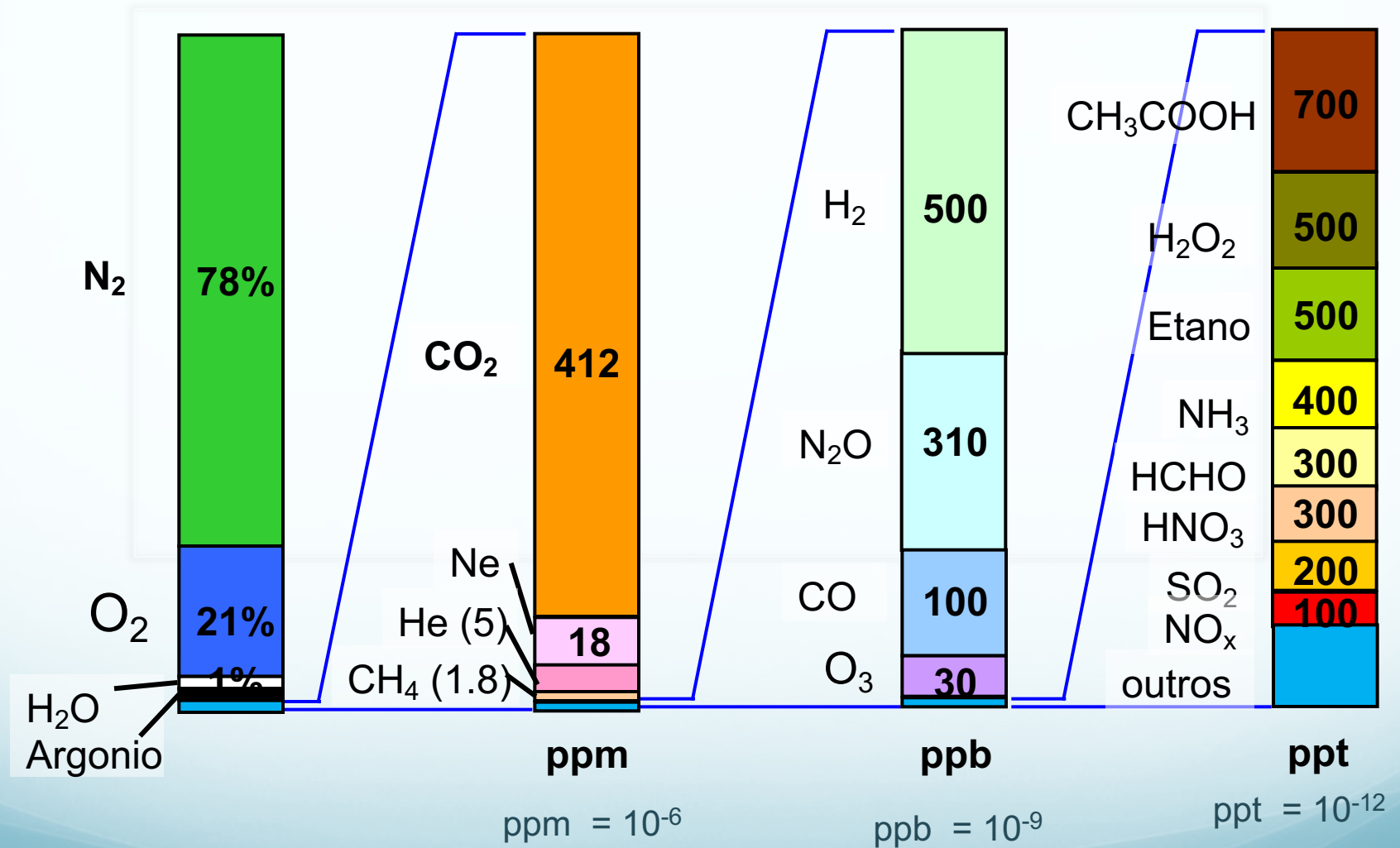
URBANIZAÇÃO e INDUSTRIALIZAÇÃO

Poluentes atmosféricos:

O_3	SO_2
CO	MP (material particulado)
NO_x	COV



Composição química da Atmosfera



LEGISLAÇÃO

POLUENTES REGULAMENTADOS (Res. 03 de 29/06/90)

O₃ - Ozônio

NO_x - Óxidos de Nitrogênio

SO₂ - Dióxido de Enxofre

CO - Monóxido de Carbono

HCt - Hidrocarbonetos Totais

PI - Partículas Inaláveis

PTS - Partículas Totais em Suspensão

**MONITORES
CONTÍNUOS**

LEGISLAÇÃO

No Brasil os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que revogou e substituiu a Resolução CONAMA nº 3/1990.

partículas totais em suspensão (PTS)

Fumaça

partículas inaláveis (MP10 e **MP2,5**)

dióxido de enxofre (SO₂)

monóxido de carbono (CO)

ozônio (O₃)

dióxido de nitrogênio (NO₂)

chumbo (Pb)

**MONITORES
CONTÍNUOS**

LEGISLAÇÃO

POLUENTES NÃO REGULAMENTADOS

- Importantes na química da atmosfera
- Efeitos importantes na saúde
- Tão ou mais importantes que os legislados

- Aldeídos
- Álcoois
- HC individuais
- HC aromáticos policíclicos
- Metais

- AMOSTRAGEM LOCAL
- TRATAMENTO
- ANÁLISE QUÍMICA

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Define o limite máximo

- **garantia da proteção da saúde e do bem estar das pessoas.**
- **baseados em estudos científicos**
- **fixados em níveis com margem de segurança**

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

(Estado de São Paulo)

**DECRETO Nº 59.113, DE 23 DE ABRIL DE
2013**

*Estabelece novos padrões de qualidade do
ar e dá providências correlatas)*

Brasil

Resolução CONAMA 491/2018

**Dispõe sobre padrões de qualidade
do ar**

**Padrões Estaduais de Qualidade do Ar
(Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013)**

Poluente	Tempo de Amostragem	MI1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
partículas inaláveis (MP_{10})	24 horas MAA ¹	120 40	100 35	75 30	50 20
partículas inaláveis finas ($\text{MP}_{2,5}$)	24 horas MAA ¹	60 20	50 17	37 15	25 10
dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas MAA ¹	60 40	40 30	30 20	20 -
dióxido de nitrogênio (NO_2)	1 hora MAA ¹	260 60	240 50	220 45	200 40
Ozônio (O_3)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas MAA ¹	120 40	100 35	75 30	50 20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas MGA ²	- -	- -	- -	240 80
Chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

As Metas Intermediárias devem ser atendidas em 3 (três) etapas, assim determinadas:

- I. Meta Intermediária Etapa 1 - (MI1) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir de 24/04/2013;
- II. Meta Intermediária Etapa 2 - (MI2) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações realizadas na Etapa 1, reveladas por estudos técnicos apresentados pelo órgão ambiental estadual, convalidados pelo CONSEMA;
- III. Meta Intermediária Etapa 3 - (MI3) - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo CONSEMA, a partir do início da sua vigência, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.

RESOLUÇÃO CONAMA 491/2018

Em 19 de novembro de 2018 foi publicada a **Resolução CONAMA nº 491** que dispõe sobre os **padrões de qualidade do ar no Brasil. (Revogou a Resolução CONAMA n.º 03/1990)**

Segundo a nova Resolução, **padrão de qualidade do ar é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar**, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Os padrões de qualidade do ar segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), **variam de acordo com a abordagem adotada para balancear riscos à saúde**, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que por sua vez dependem, entre outras coisas, **do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar** (MMA, 2018).

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

As diretrizes recomendadas pela OMS levam em conta esta **heterogeneidade** e, em particular, reconhecem que, ao formularem políticas de qualidade do ar, os governos devem **considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais** (MMA,2018).

PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

CONAMA 491/2018

Os padrões nacionais de qualidade do ar são divididos em duas categorias:

- I. - padrões de qualidade do ar intermediários**
 - PI:** padrões estabelecidos como **valores temporários** a serem cumpridos em etapas; e

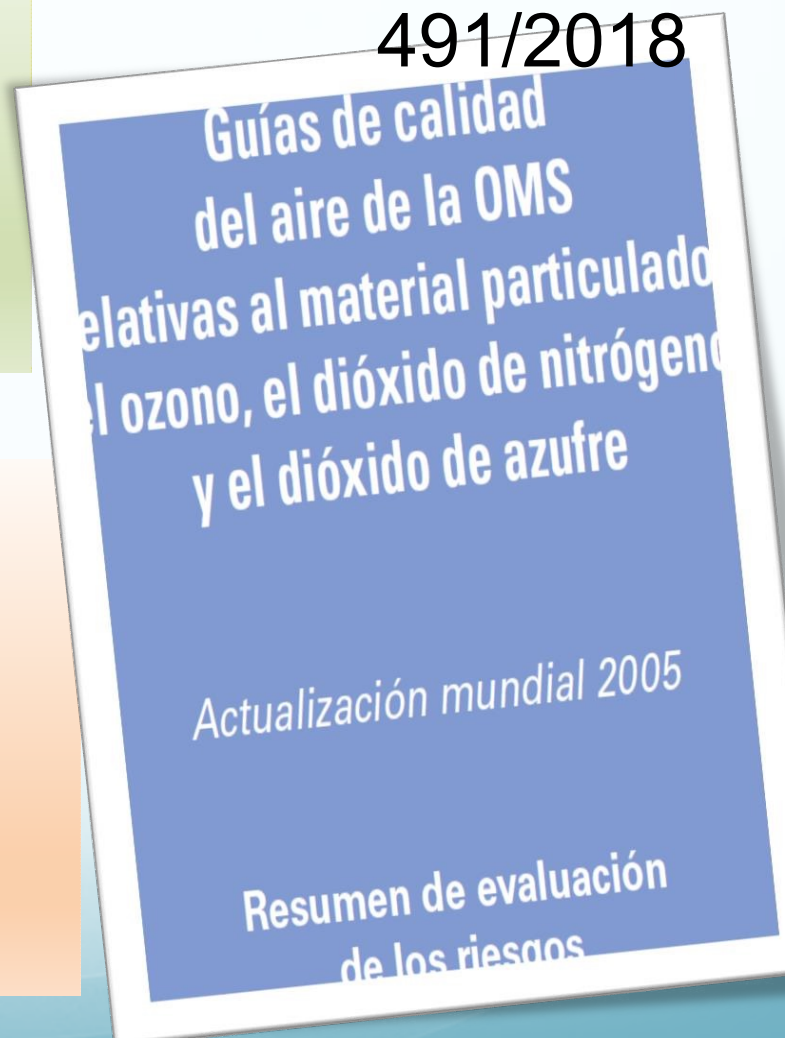
- I. - padrão de qualidade do ar final -**
 - PF:** valores guia

definidos pela Organização Mundial da Saúde - **OMS** em 2005.

padrões de qualidade do
ar intermediários - PI:
padrões estabelecidos
como valores
temporários a serem
cumpridos em etapas

padrão de qualidade do ar
final - PF: valores guia
definidos pela
Organização Mundial da
Saúde - OMS em 2005

PADROES DE
QUALIDADE
DO AR
CONAMA
491/2018



PADROES DE QUALIDADE DO AR

RES. 03/1990				RES. 491/2018						
POLUENTE	PERÍODO	µg/m³	ppm	POLUENTE	PERÍODO	PI-1 µg/m³	PI-2 µg/m³	PI-3 µg/m³	PF µg/m³	ppm
MP10	24 h	150	—	MP10	24 h	120	100	75	50	—
	Anual ¹	50	—		Anual ¹	40	35	30	20	—
MP 2.5	24 h	—	—	MP 2.5	24 h	60	50	37	25	—
	Anual ¹	—	—		Anual ¹	20	17	15	10	—
SO2	24 h	365	—	SO2	24 h	125	50	30	20	—
	Anual ¹	80	—		Anual ¹	40	30	20	—	—
NO2	1 h ²	320	—	NO2	1 hora ²	260	240	220	200	—
	Anual ¹	100	—		Anual ¹	60	50	45	40	—
O3	1 h ²	160	—	O3	8 h ³	140	130	120	100	—
Fumaça	24 h	150	—	Fumaça	24 h	120	100	75	50	—
	Anual ¹	60	—		Anual ¹	40	35	30	20	—
CO	8 h	—	9	CO	8 h ³	—	—	—	—	9
	1 h	—	35		—	—	—	—	—	—
PTS	24 h	240	—	PTS	24 h	—	—	—	240	—
	Anual ⁴	80	—		Anual ⁴	—	—	—	80	—
Chumbo ⁵	Anual ¹	—	—	Chumbo ⁵	Anual ¹	—	—	—	0,5	—

1 - média aritmética anual

2 - média horária

3- máxima média móvel obtida

no dia 4 - média geométrica

anual

episódios agudos de poluição do ar

- pequena
duração, de
minutos a alguns
dias;

ANEXO III

NÍVEIS DE ATENÇÃO, ALERTA E EMERGÊNCIA PARA POLUENTES E SUAS CONCENTRAÇÕES

Nível	Poluentes e concentrações					
	SO ₂ µg/m ³ (média de 24h)	Material Particulado		CO ppm (média móvel de 8h)	O ₃ µg/m ³ (média móvel de 8h)	NO ₂ µg/m ³ (média de 1h)
		MP ₁₀ µg/m ³ (média de 24h)	MP _{2,5} µg/m ³ (média de 24h)			
Atenção	800	250	125	15	200	1.130
Alerta	1.600	420	210	30	400	2.260
Emergência	2.100	500	250	40	600	3.000

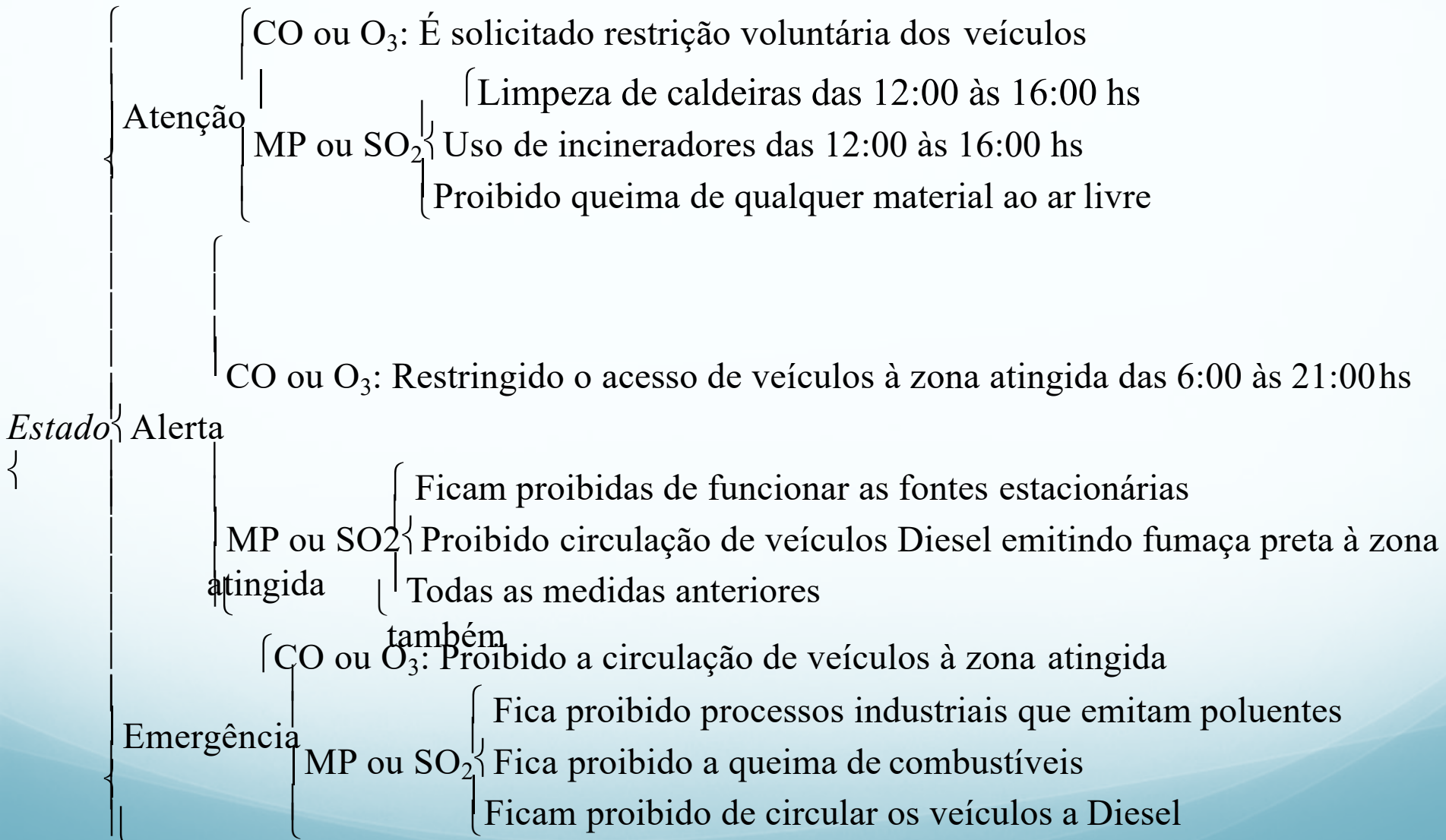
SO₂ = dióxido de enxofre; MP10 = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 µm;

MP_{2,5} = material particulado com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 µm; CO = monóxido de carbono;

O₃ = ozônio; NO₂ = dióxido de nitrogênio µg/m³; ppm = partes por milhão.

**Resolução CONAMA Nº 491 DE
19/11/2018**

Providências tomadas conforme nível de poluição



- a poluição atmosférica tem causado sérias doenças aos seres humanos;
- a saúde das pessoas é a mais afetada com a poluição atmosférica. Várias doenças respiratórias como bronquite, rinite e asma levam milhares de adultos e crianças aos hospitais todos os anos.

1. Para uma solução em que foi dissolvida a massa de 0,012 g de MgSO_4 em 500 mL de água. Considerando a densidade da água 1 g mL^{-1} . Converta em partes por milhão (ppm).

$$\begin{array}{rcl} 0,012 \text{ g} & \text{-----} & 500 \text{ g de solução} \\ x \text{ g} & \text{-----} & 1\,000\,000 \text{ g de solução} \end{array}$$

$$X = 12\,000 / 500 = 24 \text{ ppm ou } 24\,000 \text{ ppb}$$

2. Para uma solução em que foi dissolvida a massa de 0,012 g de MgSO_4 é agora dissolvida em 500 mL de etanol. Considerando a densidade do etanol $0,91 \text{ g mL}^{-1}$.

1. Converta em partes por milhão (ppm).

$$d = \text{massa/volume}$$

$$0,91 \text{ g mL}^{-1} = \text{massa}/500 \text{ mL}$$

$$\text{Massa} = 0,91 \times 500 \text{ g}$$

$$\text{Massa} = 455 \text{ g de etanol}$$

$$\begin{array}{rcl} 0,012 \text{ g} & \text{-----} & 455 \text{ g de solução} \\ x \text{ g} & \text{-----} & 1\,000\,000 \text{ g de solução} \end{array}$$

$$X = 12\,000 / 455 = 26,4 \text{ ppm ou } 26\,400 \text{ ppb}$$

A composição de gases ou vapores presentes no ar é geralmente expressa em ppm ou ppb. Quanto aos gases, a variação de temperatura pode modificar a quantidade da composição, e não considerar a temperatura implicará em erros.

3. Calcular a concentração em ppbv de $64 \mu\text{g}$ de SO_2 em 100 litros de ar, numa temperatura de 10°C .

Converta primeiro 64 micrograma para grama e depois

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol de } \text{SO}_2 & \text{-----} & 64 \text{ g} \\ x & \text{-----} & 64 \times 10^{-6} \text{ g} \\ X = 10^{-6} \text{ mol} & & \end{array}$$

$$TK = TC + 273$$

$$TK = 10 + 273 = 283 \text{ K}$$

$$p v = n R T$$

$$1 \text{ atm} \times V = 10^{-6} \times 0,082 \times 283$$

$$V = 2,3206 \times 10^{-5} \text{ litros}$$

$$\begin{array}{ccc} 2,3206 \times 10^{-5} \text{ litros de SO}_2 & \text{-----} & 100 \text{ litros de ar} \\ x & \text{-----} & 1\,000\,000\,000 \text{ l} \end{array}$$

$$x = 232,06 \text{ ppb}$$

4. Calcular a concentração em ppbv de 64 μg de SO_2 em 100 litros de ar, numa temperatura de 25 $^\circ\text{C}$.

Converter primeiro 64 micrograma para grama e depois

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol de SO}_2 & \text{-----} & 64 \text{ g} \\ x & \text{-----} & 64 \times 10^{-6} \text{ g} \\ X = 10^{-6} \text{ mol} \end{array}$$

$$TK = TC + 273$$

$$TK = 25 + 273 = 298$$

$$p v = n R T$$

$$1 \text{ atm} \times V = 10^{-6} \times 0,082 \times 298$$

$$V = 2,4436 \times 10^{-5} \text{ litros}$$

$$\begin{array}{ccc} 2,4436 \times 10^{-5} \text{ litros de SO}_2 & \text{-----} & 100 \text{ litros de ar} \\ x & \text{-----} & 1\,000\,000\,000 \text{ l} \end{array}$$

$$x = 244,36 \text{ ppb ou } 0,244 \text{ ppm ou } 244360 \text{ ppt}$$

5. Vamos converter uma concentração de 2 ppmv para seu valor em moléculas (de poluente) por centímetro cúbico (cm^3) de ar para as condições de 1 atm de pressão total do ar e 25 °C.

- 1 cm^3 é igual a 1 mL que é igual 0,001 litro

2 litros da substância Y ----- 1 000 000 litros

x ----- 0,001 litros

$$x = 2 \times 10^{-9} \text{ litros}$$

$$p V = n R T$$

$$1 \times 2 \times 10^{-9} = n \times 0,082 \times 298$$

$$n = 8,18 \times 10^{-11} \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \quad \text{-----} \quad 6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$8,18 \times 10^{-11} \text{ mol} \quad \text{-----} \quad x$$

$$x = 4,93 \times 10^{13} \text{ moléculas/cm}^3$$

6. Converta a concentração de 32 ppbv para um poluente em seu valor na:

(a) Unidade de ppmv

(b) Unidade de moléculas por cm^3

(c) Unidade de concentração em mol por litro

Considere uma temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$ e uma pressão total de 1,0 atm.

a) ppbv para ppmv divide por mil

$$32/1000 = 0,032 \text{ ppmv}$$

b) unidade de moléculas por cm^3

$$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL} = 0,001 \text{ litro}$$

$$32 \text{ litros} \text{ ----- } 1\,000\,000\,000 \text{ litros}$$

$$x \text{ ----- } 0,001 \text{ litros}$$

$$x = 3,2 \times 10^{-11} \text{ litros da substância Y}$$

$$P V = n R T$$

$$1 \times 3,2 \times 10^{-11} = n \times 0,082 \times 298$$

$$n = 1,31 \times 10^{-12} \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \text{ ----- } 6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$1,31 \times 10^{-12} \text{ mol} \text{ ----- } x$$

$$X = 7,88 \times 10^{11} \text{ moléculas/cm}^3$$

c) unidade de concentração em mol por litro

$$\begin{array}{rcl} 1,31 \times 10^{-12} \text{ mol} & \text{-----} & 0,001 \text{ litros} \\ x & \text{-----} & 1 \text{ litro} \end{array}$$

$$x = 1,31 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

7. Converta uma concentração de 40 ppbv de ozônio, O_3 , gás poluente na troposfera, a

a) Número de moléculas por cm^3

b) Microgramas por m^3

Considere que a temperatura da massa de ar é $27^\circ C$ e a pressão total é **de 0,95 atm**.

a)

40 litros ----- 1 000 000 000 litro

x ----- 0,001 litros

$$x = 4 \times 10^{-11} \text{ litros}$$

a) continuação

$$P V = n R T$$

$$0,95 \times 4 \times 10^{-11} = n \times 0,082 \times 300$$

$$n = 1,54 \times 10^{-12} \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \text{ ----- } 6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

$$1,54 \times 10^{-12} \text{ mol} \text{ ----- } x$$

$$x = 9,29 \times 10^{11} \text{ moléculas/cm}^3$$

b) Microgramas por m³

$$\begin{array}{ccc} 9,29 \times 10^{11} \text{ moléculas} & \text{-----} & 0,001 \text{ litros} \\ x & \text{-----} & 1000 \text{ litros} \end{array}$$

$$x = 9,29 \times 10^{17} \text{ moléculas/m}^3$$

$$6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas} \text{ ----- } 48 \text{ g de O}_3$$

$$9,29 \times 10^{17} \text{ moléculas} \text{ ----- } x$$

$$x = 7,4 \times 10^{-5} \text{ g}$$

$$x = 74 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \text{ de O}_3$$